土木建筑工程信息技术
Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture

基于BIM的管线数字化管理系统在杨泗港长江大桥工程中的应用研究

鲁有月[1]，张柯[1]，龚成[1]，覃亚伟[2]，毕祇鹤[2]
（1. 武汉天兴洲道桥投资开发有限公司，湖北 武汉 430074；2. 华中科技大学 a． 土木工程与力学学院；b． 湖北省数字建造与安全工程技术研究中心，湖北 武汉 430074）

摘 要：随着城市现代化的不断发展，当前老城区地下管线信息管理存在着管线权属关系复杂、地下管线布置不清晰等问题。为了解决这些问题，提出了构建基于BIM的地下管线数字化管理系统，对其在管线项目全过程起到的作用进行了分析。最后，将该地下管线数字化管理系统应用于武汉杨泗港长江大桥项目中，实现对地下管线的信息分类、信息检索、信息可视化和碰撞检测功能。该系统切实提高了管理效率，增加了项目收益，为BIM技术结合地下管线信息管理提供了有益借鉴。

关键词：数字化管理系统；复杂地下管线；BIM；全过程
中图分类号：TU99 **文献标识码**：A

地下管线与城市的经济发展息息相关，是城市的生命线。地下管线包括给水、雨水、污水、电力、信息、电信燃气等多种类型，而这些管线又分属自来水公司、排水公司、电力公司、各电信公司、燃气公司、热力公司、政府、部队等多个单位建设、管理和维护。在管线建设的全过程中，各环节的管理又分属于不同的政府管理部门，权属单位复杂[1]。各类综合管线系统繁多，并且根据高度还有不同分区，导致管线的布置也十分复杂[2]。

目前我国建设的大部分城市综合管廊主要敷设于城市新区的主干道路，由于城市新区的建设标准相对较高，对城市道路交通、景观、环境的要求较高[3]。但老城区的管线特征是设施陈旧，多采用直埋方式，地下布置错综复杂，并且没有完善的布置信息资料。如何加强老城区地下管线施工管理，改造更新，降低建设维护成本，减少风险，是亟待解决的问题。

1 地下管线管理现状

目前，老城区地下管线的管理在规划、建设、维护和信息资料管理等阶段均存在不同程度的问题。比较突出的问题诸如，管网档案与管网现状不符，缺乏对综合管线管理信息进行动态更新的部门；管理体制不完善，缺乏共享各部门数据及信息资源的有效畅通渠道；部门协调比较困难，缺乏一个统一的协调机构，各部门的协调配合困难，对实际工作实施造成了障碍，财力的严重浪费，处理问题的效率低下，存在着诸如：“多头管”、“无人管”等情况[4]；有些权属单位所提供的一些道路竣工资料，也存在实地施工过程中为了避让其它管线或建、构筑物发生局部变向或变深时在资料中不进行表示和说明，对短距离管线改造不进行绘制和说明的情况[5]。

在进行土方开挖等施工过程中，由于对地下管线的布置不明确，对管线的破坏事故时常发生，造成抢修，返工，工程变更，不仅对施工的进度、成本影响巨大，而且对周边建筑物，基础设施等造成不利影响。为了解决这些存在的问题，可以引入BIM技术，建立一个集成信息，共享信息的系统平台，加强管效。

BIM 主要以信息的高度集中化和可视化为主要特点，贯穿项目的整个建设过程，为建设工程提供了方便的交流平台和资源共享，信息化数据的统一完整解决了工程各方面的缺陷问题，避免了信息的不对称性，为工程建设和分析提供了较好的根据[6]。将BIM 技术应用到管线项目中，将施工过程中的问题前置，减少了设计、施工变更，确保施工进度，降低了成本，提高了工程项目的风险控制能力[7]。因此，为了更好的进行地下管线管理，提高工程项目对管线的管控效率，降低施工风险，在管线的设计、施工、维护、迁改过程中，我们能够借助 BIM 三维可视化信息系统建立2D、3D、4D信息模型，集成化提升信息协同能力，为管线的现代化建设提出更好的解决方案。

2 基于 BIM 的全过程地下管线

【作者简介】 鲁有月（1966-） ，男，高级工程师，长期从事市政道路桥梁及相关配套设施项目的建设管理工作。

数字化管理系统

BIM 是设施物理和功能特性的数字表达，是一个共享的知识资源，是一个分享有关这个设施的信息，为该设施从概念到拆除的全寿命周期中的所有决策提供可靠依据的过程；在项目不同阶段，不同利益相关方通过在 BIM 中插入、提取、更新和修改信息，以支持和反映各自责的协同工作[8]。

2.1 系统开发

（1）系统设计

在基于 BIM 的地下管线数字化管理系统架构上，根据信息的流动、状态及映射关系，可以将信息输出分成以 BIM 平面为输出信息系统过程核心的四个平面：目标平面、信息平面、BIM 平面、用户平面[9]。

目标平面首先根据需要将管线需求分解成各项项目目标，根据管线的位置，不同的权属方、信息收集者进行综合分解，直到分解成可以具体到人，地点，有效时间，可控的具体任务。

信息平面则是将控制目标收集到的各类信息，根据管线单位，实施阶段等进行统一的编码，使得分散、数量庞大的信息能够通过一个标准的体系得到统一。

BIM 可视化平面根据项目目标分解，构建相应的 BIM 模型和总控平台应用于管线信息的目标控制，建立统一标准的 BIM 数据命名规则和分类储存方式，并于信息平面以统一标准编码的信息挂钩，相较于传统的报告平面，BIM 平面能够基于所建立的规则，自动对信息进行分析，并将数据可视化，可视化能够显示计划的进展情况和正在进行的工作状态。BIM 能利用直观的图表、数据、模型使原本繁琐的报告信息更加直观、简明的展现。解决传统报告传递信息存在信息不实时，信息搜寻慢等问题，根据用户需要生成实时、动态、三维可视化的“报告”展现给用户，提升用户对信息的理解力。

（2）系统架构

地下管线数字化管理系统的主要目的是快速高效的对地下管线信息进行查询和管理，并通过分析功能辅助相关部门决策。本文的管理系统总体架构如图 1 所示，采用三层架构模式，由底层到顶层分别为基础层、数据层和应用层。

基础层主要由设备和系统组成。提供最基本的物理硬件支持以及操作各类数据库的接口，实现实时数据存储，全面完整的收集信息。

数据层包括主要包括基础地形数据、管线的属性数据和空间数据以及管线施工信息。

应用层实现数据的管理分析，实现用户对管线信息进行查询、管理等功能的需求。

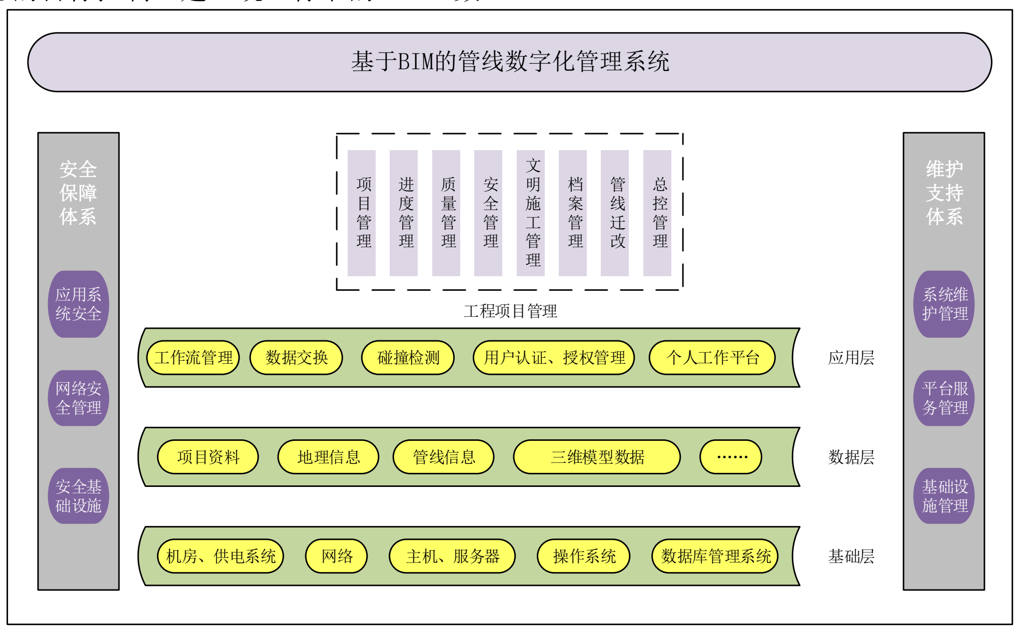


图 1　地下管线数字化管理系统架构

（3）系统建设

建立 BIM 地下管线信息管理系统，首先要对既有地下管线进行管线普查，准确的管线普查数据是建立一个优良系统的基础。地下管线的探测方式包括陀螺仪探测法、声学探测法、直接法、感应法等多种方式，探测的同时还要理清管线的权属信息。在获取准确的管线属性、位置、权属信息后，将统

计数据上传到一个可供各组织各部门信息集成的共享平台，并建立可视化 3D 模型信息，能够更加清楚直观的描述构建特征，对管线建设的全过程皆有助益。在维护阶段，还要实现对后续工程变更、新建、拆除的工程的实时动态更新，这样，就能够追根溯源，解决权属不清晰的问题。后面的小节将分阶段描述 BIM 在管线信息管理中起到的作用。

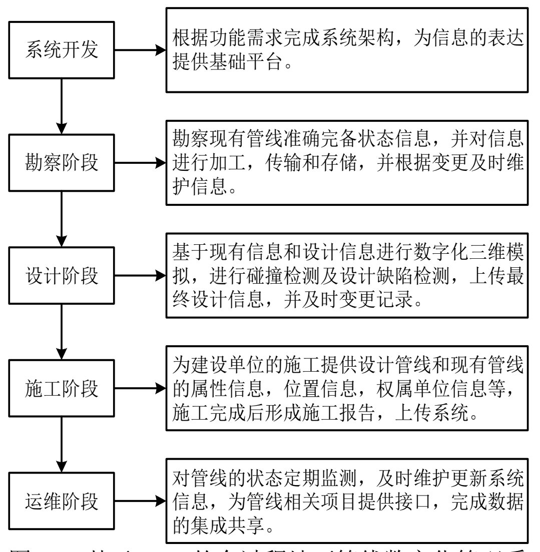


图 2　基于 BIM 的全过程地下管线数字化管理系统建设流程

2.2　勘察阶段

在基于 BIM 的地下管线数字化管理，拥有完备、全面的管线信息是建立一个运转流畅、处理高效的系统的基础。老城区地下管线存在的突出问题是信息不完善，埋设复杂。所以，在勘察阶段需要对现有各类管道的属性，特点进行调查，收集尽可能准确，完备的信息资料。

其中需要经过调查清楚的各类管道信息包括但不限于：

（1）线路名称：通过编码，帮助准确快速检索到目标管线，辅助分类；

（2）起止地点：辅助施工单位理清管线整体布置，有益于管线维护、拆迁的完整性。

（3）权属单位：明确权属单位是管线工程中非常重要的一点，不仅能使管线物有所主，由管线权属单位提供相关管线资料，而且在设计、施工过程中还能节省大量的协调管理时间。

（4）布设方式：在设计阶段、施工阶段和维护阶段进行动态更新，掌握管线真实布设方式，能够减少因不了解地下情况而引发的各类问题。

（5）管线属性：包括管线内径，材质，型号等元素，有助于管线的维护、更替，在 Revit 三维建模中检测出可能的物体碰撞。

对收集到信息进行加工整理，传输，分发与检索，储存到信息管理系统中。以满足工程项目各组成部分，各实施阶段，参建各方都能及时迅速的获得所需要的各类信息资源。

2.3　设计阶段

设计阶段通常决定了一个工程项目约百分之八十的投资，制定一个合理、优选的设计方案能够有效的节约成本，控制工程造价。

在老城区管线项目中，管线的布置错综复杂，无论是新建还是迁改都涉及到很多方面，比如每一次土方开挖，不仅仅是开挖造价，还要预估对开挖周边建筑、交通、环境等等的影响，成本随之增加。通过 BIM 管线数字化地图系统，可以实现设计阶段的可视化，模拟得到可能存在的碰撞冲突，管线碰撞检测可以提前检测出可能的设计缺陷，避免大部分因为设计问题而造成的不必要的损失，提高设计质量，节约资源。

在管线迁改项目的过程中，拥有准确的管线信息可以使得项目方可以及时就拆迁方案的制定上与施工单位和工程管理部进行协调，根据管线的拆迁难度、拆迁周期合理的施工方案进度设计。对于拆迁费用高或协调难度大的管线，可通过经济可行性比较，对管线所处位置的施工设计方案进行小规模变更，甚至避开管线变更。

2.4　施工阶段

管线的施工过程是设计实践的重要步骤，即使管线项目的设计没有问题，但在实际施工过程中，也会造成各种各样的问题。

其中有两个最为突出的问题，当进行管线迁改项目时，在进行具体施工之前，需先与管线的权属部门进行协商，在当前条件下，由于老城区管线的直埋现象较多，管线标识可能被腐蚀氧化，看不清标识单位，管线信息档案存贮不及时，信息遗失多，信息不完善，常常很难找到准确的施工单位和管理单位。第二个问题是，在进行土方开挖等施工过程中，由于对地下管线的布置不明确，对管线的破坏事故时常发生，造成抢修，返工，工程变更，不仅对施工的进度、成本影响巨大，而且对周边建筑物，基础设施等造成不利影响。

为了解决这些存在的问题，引入 BIM 技术建立集成信息，共享信息的数字化系统平台将成为一个势在必行的解决方案。该系统的优势在于能够在信息产生的阶段，即要

求各参与方将数据信息传入集成统一的平台中，并在项目全周期不断更新维护，实现信息共享化的及时性和准确性。同时，对于已存在但不明确的现有管线信息进行必要的勘探，查漏补缺。基于这些信息建立的三维模型，地下世界清晰完整的展现在我们面前，帮助管线建设水平得到显著提升，减少误工返工，道路重复开挖，节省工期，减少成本，为工程项目增值起到关键作用。

2.5　运维阶段

地下管线数字化管理系统不仅服务于管线的建设过程，在项目竣工完成后仍然能起到至关重要的作用。基于在设计阶段、施工阶段获取的集成在系统中完备、清晰的管线数据信息，并通过及时的维护跟踪，我们能够直观的看到管线的实时状态。通过数字化建模，一张立体的管线网就能呈现在我们面前，形成数字化地图。

显然，如果拥有信息完善、检索方便的集成共享信息系统，在未来，无论是在管线项目中还是在涉及到管线变更、迁改的其他建设项目中，都将有效提高管理效率。在项目初始阶段，信息收集和协调权属单位所耗费的大量时间将不复存在，设计阶段也能尽可能的避免新建管线对现有管线的影响，例如碰撞。在施工阶段，既然明确了各管线的位置，也能大幅度减少以往因为对地下管线状态不清晰，导致对既有管线的频繁破坏。

这是一个服务于地下管线建设的全过程，同时惠及于其他与地下管线密切相关项目的全过程。

3　案例：杨泗港长江大桥项目

3.1　项目概况

杨泗港长江大桥工程总长度 4.134km（K9+162.000～K13+296.377），是国内第一、世界第二大跨度的悬索桥，其中主桥段为单跨悬吊钢桁梁悬索桥，全长 1.7 km（两座桥塔之间距离），汉阳岸接线起于国博立交，武昌岸接线止于八坦立交，汉阳岸线路长 0.973 km，武昌岸线路长 1.461km，两岸接线全长 2.434km。杨泗港长江大桥距下游鹦鹉洲大桥约 3.2 公里，距上游白沙洲大桥约 3.0 公里。工程总造价约为 80 亿元，工期约 54 个月。



图 3　杨泗港长江大桥

由于受到拆迁影响，进度严重滞后，为了使工程建设管理目标按计划实现，针对大桥两岸引桥区域的管线拆迁工程、新建工程，业主方联合华中科技大学工程管理研究所应用 BIM 技术开发武汉杨泗港长江大桥数字化管线迁改系统。

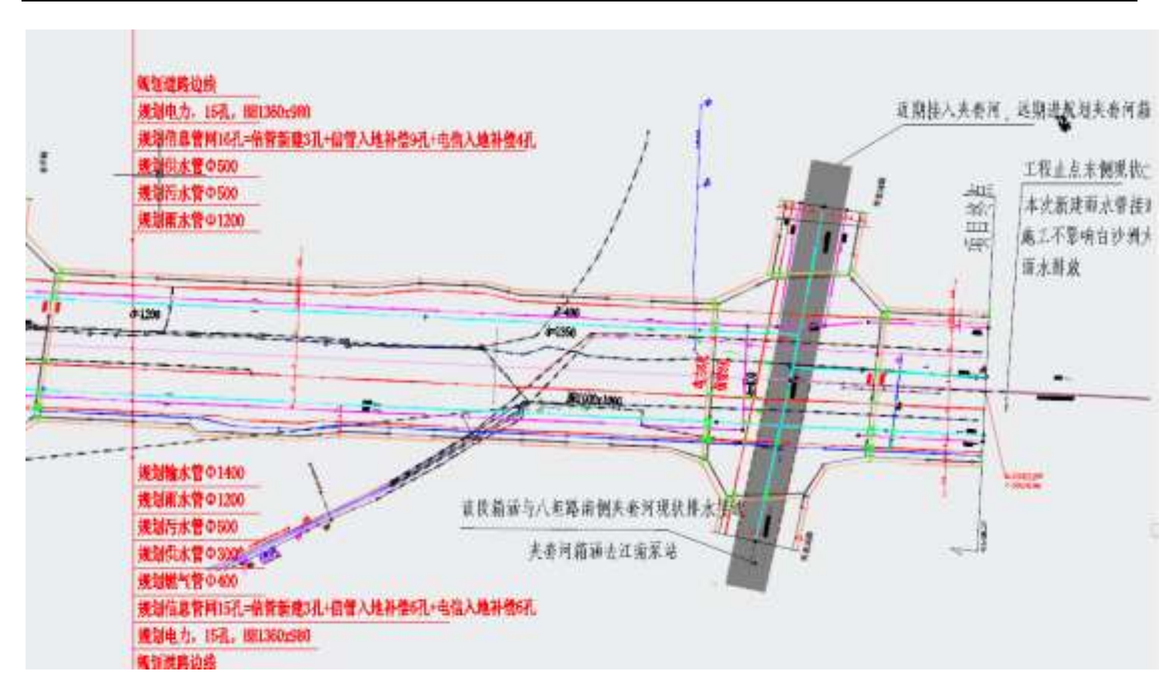


图 4　杨泗港长江大桥武昌侧管线综合平面布置

3.2　管线迁改系统

将数字化管线迁改系统应用在在武汉杨泗港长江大桥项目中，针对南北引桥区域内整个建设过程中管线的拆迁，规划工程进行了系统的信息收集整理，同时基于 BIM 实现管线的可视化，使得各参建方、维护方、管理方能够通过一个集成统一的平台共同对管线信息进行更新和管控。

3.2.1　管线信息分类

首先，基于施工组织设计，项目被分为汉阳侧和武昌侧两个部分，分别由两个项目部分别施工。BIM 管线迁改系统将管线信息也分为汉阳侧和武昌侧，并以 CAD 2 维图纸中规划或迁改的给水管线、雨水管线、污水管线、电力管线、信息管线、电信管线、燃气管线、废弃管线八类管线为依据进行信息收集。收集的信息包括名称，地址，特征，管线权属单位，管线状态（现状、规划），埋深，是否存在碰撞点，对这些信息进行说明，以图表形式简洁直观的展现在用户界面上。



图 5　管线迁改系统综合界面

3.2.2　管线信息检索

系统中设置有检索功能，可以准确迅速的指向需要查询的管线信息，可供查询的条件为名称，特征，管线权属单位，管线状态，是否存在碰撞点等基本信息。

如果需要进一步掌握更加详细的信息，可通过点击详细按钮，进入管线详细信息界面，详细信息界面包括管线 BIM 编号，施工标段，管线类型，埋深类型，建设年代，备注，附加信息等。

拥有一个完备的信息库和功能健全的检索平台，以及不同权限等级的维护、查询用户。能够改善以往不必要的信息收集速度慢、效率低、协

调管理时间长的缺点，极大程度上提升项目设计、施工、维护过程中的管理效率。

3.2.3　管线 3 维可视化

基于 BIM 建立管线的 3 维可视化模型，以 2 维 CAD 图纸为建模基础，通过 Revit、3Dmax 等建模工具将平面管线图纸升级成为直观、可视的 3 维参数化模型。减少传统 2 维图纸造成的信息丢失及信息误解，能够在施工前提前发现可能存在的设计问题，为设计方案提供合理建议，提高了项目设计、施工的质量。

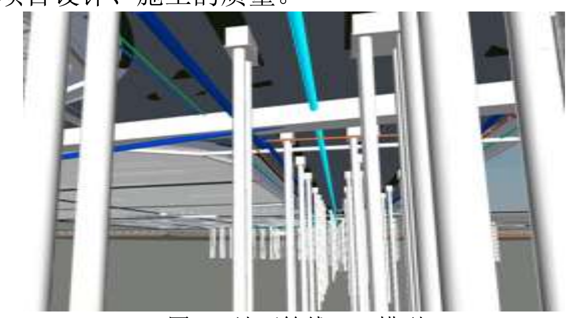


图 6　地下管线 BIM 模型

3.2.4　管线碰撞检测

若基于 BIM 检测出的管线碰撞，系统将展示给用户问题编号，问题类型，问题图名和图号，相关专业，位置，问题描述，问题解决情况，登记日期等相关信息。同时，在碰撞点详细界面中给出问题描述，解决方案建议，设计回复，复核，问题解决情况，以及 2 维 CAD 图纸和 3 维 BIM 建模信息。

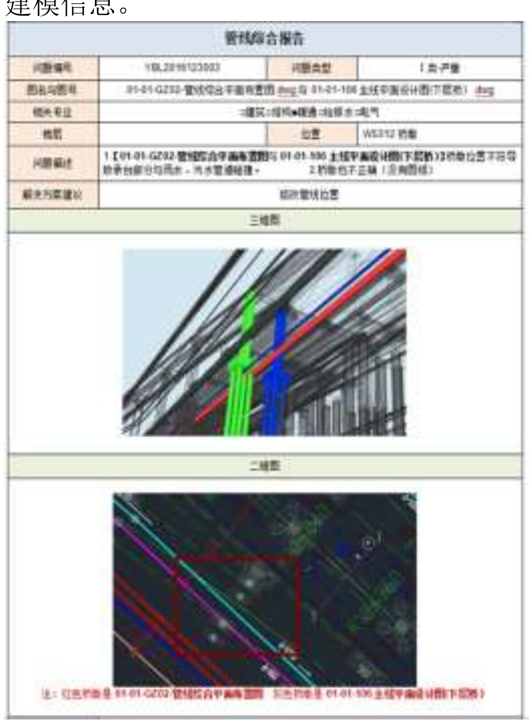


图 7　管线碰撞综合报告

通过分析碰撞冲突报告，可以提前发现设计存在的缺陷，通过采取改进措施对三维模型进行优化。同样在施工过程中，可以帮助工作人员清晰地找出造成误工返工浪费的关键原因，有效提高施工质量以及人材机的使用效率，减少了工程中不必要的资源浪费。

4　结语

老城区传统的地下管线信息管理存在着诸多问题和难点，本文将 BIM 手段与信息化管理结合起来，以武汉杨泗港长江大桥地下管线信数字化管理系统作为案例研究探讨解决方案。该系统能够有效的解决管线迁改施工过程中，管线权属单位复杂，地下情况不清晰，以及提前发现解决设计阶段出现设计问题。通过本系统的建设，使传统复杂繁琐的管线迁改管理工作能在一个信息数据完备、信息传递迅速、界面简单直观的共享集成平台上进行，有效的提高管理者工作效率。

参　考　文　献

[1]　汪光焘. 推广东城经验 稳定推进城市管理数字化[J]. 城乡建设, 2005(10): 6-9.
[2]　陈辰，李庆平. 基于 BIM 技术的三维管线综合[J]. 土木工程建筑信息技术, 2012(3): 83-86.
[3]　施卫红. 城市地下综合管廊发展及应用探讨[J]. 中外建筑, 2015(12): 103-106.
[4]　刘佳. 基于城市网格化的上海市区市政管线信息管理系统应用研究[D]. 上海：华东理工大学, 2103.
[5]　陈光利. 浅谈在城市地下管线普查中专业管线权属单位的重要作用[J]. 科技信息, 2007(16): 241-249.
[6]　柯臻玮. BIM 在市政工程管线设计中的应用[J]. 建材与装饰, 2016, (2): 89-90.
[7]　王忠诚，王磊，张桥. 基于BIM 技术的地铁车站机电综合管线排布应用[J]. 土木工程建筑信息术, 2016, 8(3): 66-73.
[8]　美国国家 BIM 标准第一版第一部分：National Institute of Building Sciences, United States National Building Information Modeling Standard, Version1-Part 1[R].
[9]　鲁有月，何志明，覃文波，等. 基于 BIM 的武汉杨泗港长江大桥总控管理平台研究[J]. 土木工程建筑信息技术, 2017, 9(6): 18-23.

Study on the Application of BIM-based Digital Management System of Pipelines in Yangsigang Yangtze River Bridge Project

LU You-yue[1]， *ZHANG Ke*[1]， *GONG Cheng*[1]， *QIN Ya-wei*[2]， *BI ZHI-he*[2]

(1. Wuhan Tian-xing-zhou Bridge Investment Development Co., Ltd., Wuhan 430074, China;

2. a. Hubei Engineering Research Center for Digital Construction and Safety; b. School of Civil Engineering and Mechanics ,

Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: With the continuous development of urban modernization, the current situation of underground pipeline information management in the old town has problems such as ownership of complex pipelines and unclear layout of underground pipelines. In order to solve these problems, a BIM-based digital management system for underground pipelines was proposed, and the role of the system in the whole process of the pipeline project was analyzed. Finally, the underground pipeline digital management system was applied to the Yangsigang Yangtze River Bridge project in Wuhan to achieve the functions of information classification, information retrieval, information visualization and collision detection for underground pipelines. The system effectively improve the management efficiency, increase the project revenue, and provide a useful reference for BIM technology combined with underground pipeline information management.

Keywords: Digital Management System; Complex Underground Pipeline; BIM; Whole Process